1854 Réxès



ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS.

DE LA FERMENTATION

ET

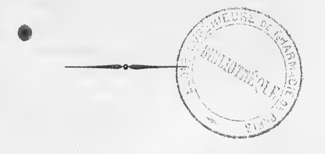
SPÉCIALEMENT DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE.

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS,

le 31 août 1854,

PAR M. RÉXÈS (FRANÇOIS-GERVAIS).



PARIS.

IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET Ce,

RUE RACINE, 26, PRÈS DE L'ODÉON.

1854

PROFESSEURS DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE.

MM. Duméril.
Gavarret.

ÉCOLE SPÉCIALE DE PHARMACIE.

ADMINISTRATEURS.

MM. Bussy, Directeur.
Guibourt, Secrétaire, Agent comptable.
Chatain, Professeur titulaire.

PROFESSEURS.

MM. Bussy.	Chimie.
Gaultier de Claubry.	Chimie.
Lecanu.	Pharmacie.
Chevallier.	Pharmacie.
Guibourt.	Histoire naturelle.
Guilbert.	Histoire naturelle.
Chatin.	Botanique.
Gaventou.	Toxicologie.
. . . .	Physique.

AGRÉGÉS.

MM. Grassi.
Ducom.
Figuier.
Robiquet.
Reveil.

Nota. *L'École ne prend sous sa responsabilité aucune des opinions émises par les candidats.*

DE LA FERMENTATION

ET

SPÉCIALEMENT DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE.



La fermentation est un des phénomènes dont la manifestation a de tous les temps le plus vivement préocupé l'esprit des observateurs.

La spontanéité de son action, la diversité et l'importance de ses produits, les circonstances qui entourent sa marche, sont en effet de nature à appeler l'attention, et devaient être, surtout à l'époque, encore peu éloignée de nous, où la chimie n'était guère qu'un ensemble d'observations mal faites, l'objet d'une vive curiosité; aussi tous les anciens chimistes la présentent-ils comme l'opération de la nature la plus merveilleuse.

La plupart de ses manifestations leur avait cependant échappé; aucun d'eux ne pouvait prévoir, en effet, quel nombre de phénomènes viendrait se rattacher à celui-là, car c'est à peine si de nos jours on peut apercevoir la série complète des modifications qui la reconnaissent pour cause.

Quant à sa théorie, elle était enveloppée de la plus complète obscurité.

Pourtant depuis longtemps déjà les conditions de son développement étaient bien observées.

Ainsi Stahl dans ses *Fundamenta chymiæ dogmaticæ et rationalis*, imprimés à Nuremberg en MDCCXLVI, s'exprime ainsi :

De fermentatione et putrefactione.

« Fermentatio est motus intestinus suscitatus in succis vegetabilium ab aeris tenuioris calide influxu, faciens adspiriturascentiam particularum heterogenearum.

» Omnis fermentatio est, vel vinosa, vel spirituosa, seu putridinosa. Ex vinosa prodit spiritus inflammabilis et liquor vinosus, ex putridinosa sal volatile cum oleo fœtido, unde putridinem ordinario solet comitari fœtor.

» Requisita fermentationis vinosæ potissimum sunt : 1° succi vegetabilium temperati dulcis ; 2° aeris tepidi liberior accessus ; 3° ut materia fermentescibilis sit in quiete et satis magnum habeat spatium.

» 4° Quod tamen semper non opus est sit additio fermenti, seu materia quæ jam in motu intestino particularum vehementi consistit.

» Fermentum tale suppeditans fex vini, melius autem cerevisiæ fermentum panificum, mel; ex regno animali saliva. »

En effet, certains peuples du Nord convertissent la séve de l'érable en boisson spiritueuse à l'aide des crachats :

« Nullus liquor qui ex homogeneis constat partibus ad fermentationem est aptus, sed particulis heterogeneis debet esse constatus ; ita aqua pura, spiritus vini, olea, salia acida volatilia, alcalia, spiritus acidi, salina, ad fermentationem subeundam plane sunt inepta.

» Sicca non fermentantur, sed omnia debent esse liquida ut sunt partes heterogeneæ, salinæ, sulphureæ, terreæ extractæ eo melius inter se agere queant.

» Gummata, succi concreti, ut opium, diagrydum aloe soluta in succis fructuum cydoniorum, pomorum, cerasorum, addito saccharo, fermentationem ineunt, et hoc modo separantur et corriguntur.

» Ex omnibus aromatibus, herbis sale volatili et oleo turgidis, extrahi potest optata virtus, quando succis fermentantibus superadduntur.,

» Omnis fermentatio melius succedit in vasis quercinis quam aliis. »

Nous avons cru utile de citer ces divers passages du traité du célèbre auteur de la théorie du phlogistique, pour montrer à quel point étaient arrivées les idées des savants sur cette question jusqu'à Lavoisier : car après Stahl, qu'on peut regarder comme ayant résumé ou fait toutes les bonnes observations sur la matière, les autres chimistes ne présentent dans l'examen de cette question que des redites sans intérêt.

Macquer parlant de la fabrication de la bière et expliquant cette opération (*Éléments de chimie pratique*, deuxième édition, Paris, MVCCLVI) dit : « car si on laissait le grain trop longtemps dans cet état (germination), il serait à craindre qu'il ne commençât à se pourrir, ou que les feuilles et les racines prenant trop d'accroissement, ne consumassent presque toute la substance farineuse qui seule doit fournir la matière de la fermentation; et si on arrêtait trop tôt cette germination on n'en retirerait pas l'avantage qu'elle doit procurer savoir : l'atténuation des parties mucides. » C'est ainsi qu'on croyait expliquer, et qu'on se rendait compte de la conversion

de l'amidon en sucre et du rôle de la diastase, phénomène aujourd'hui si complétement démontré, pas même soupçonné il y a à peine un siècle!

Boerhaave, après avoir distingué les trois sortes de fermentation, s'exprime ainsi sur la fermentation vineuse (*Chimie*, tom. V, pag. 336 et suiv. Paris, 1754) :

« La fermentation semble manifester de plus en plus l'acide qui est caché dans les végétaux ; car lorsque leurs sucs sont bien mûrs et doux, on n'y découvre presque aucune acidité. Le jus de raisin, la casse, la manne, le miel, le sucre paraissent-ils contenir quelque chose d'acide ? Mais faites travailler et fermenter comme il faut ces diverses substances, aussitôt leur acide devient sensible, surtout lorsque le vin qu'elles donnent est clarifié. On ne distingue non plus aucune trace d'acidité dans le blé lorsqu'il est mûr, cependant à peine a-t-il été agité par une courte fermentation qu'il est entièrement acide.

» Comme les acides qui se produisent ainsi sont différents et plus subtils que les acides natifs, afin qu'on ne les confonde pas ensemble, je les appellerai dans la suite acides vineux.

» Ces acides sont encore de deux sortes. Car ou ils sont répandus dans le vin même et forment une croûte solide sur la surface intérieure du tonneau, c'est là ce qu'on appelle tartre. Au reste, les acides vineux fermentés ont presque les mêmes vertus que les acides natifs dont on vient de parler.

» Il y a d'autres acides de végétaux produits aussi par la fermentation, et qu'on me permettra de nommer acides acéteux. Ils se font avec toutes sortes de vins, qu'on fait fermenter une seconde fois avec les acides *âpres* et *crus ;* quand cette nouvelle fermentation est

bien dirigée, les vins se convertissent en vinaigre ; ils consument leur propre tartre et acquièrent une acidité beaucoup plus forte et plus constante. La distillation rend encore cet acide du vinaigre plus fort et plus actif, et alors on lui donne le nom *d'acide acéteux rectifié par la distillation*.

» Cet acide est d'un si grand usage en chimie, qu'il a fait appeler vinaigre tous les autres *menstrues;* témoins les vinaigres des philosophes.

» Il ne faut pas oublier ici les acides fermentants, qui sont des sucs de végétaux actuellement occupés à fermenter, et qui tiennent le milieu entre les acides natifs et entre ceux dont la fermentation est entièrement finie. La partie élastique de ces sucs acquiert une propriété que je crois unique dans la nature des choses ! Il s'en exhale un esprit indomptable, acide, et qui a une grande force explosive. Si cet esprit sort d'une grande quantité de liqueur par une petite ouverture, il agit tellement sur l'organe de l'odorat, que l'homme le plus robuste qui en est frappé directement perd la vie au moment même, on tombe dans une apoplexie subite, ou dans une démence accompagnée d'une paralysie de tout le corps, ou simplement dans des vertiges, suivant qu'il en est affecté plus ou moins fortement. Tout cela n'est que trop prouvé par de tragiques exemples ! . . . . puis viennent des exemples accueillis sans doute avec la complaisance qu'on y mettait alors. Puis des élucubrations qui se continuent ainsi. Car quelle est la cause de cette maladie qu'on appelle *choléra morbus* ou *trousse-galant ?* Elle est surtout produite par du mout ou des fruits d'été mûrs qui viennent à fermenter dans le ventricule et dans les intestins grêles, et qui, par leur explosion, occasionnent

souvent des spasmes funestes dans les muscles qui agissent sur ses parties ! Un habile anatomiste, Saint-André, (*Transact. philosoph.*) a donné une description exacte de cette maladie et du cadavre d'un homme qui était mort pour avoir trop bu de bière forte dont on avait *suffoqué* la fermentation en la mettant en bouteille, etc., etc. »

Aujourd'hui que la chimie nous a habitués au langage rigoureux, aux faits soigneusement contrôlés, exempts de merveilleux, aux explications rationnelles, appuyées sur l'analyse quantitative, nous avons besoin, *pour ne pas nous étonner de l'insuffisance de ce langage !* de nous rappeler que c'étaient presque tous de grands esprits, des travailleurs infatigables, tous ces savants d'alors, et qu'eu égard au temps ils avaient réalisé de sérieux progrès.

Tous les autres chimistes partageaient, professaient les idées de Stahl et de Boerhaave; ainsi Macquer, Lemery, Beaumé, Rouelle, etc., mêlaient dans leurs cours, dans leurs livres, cet ensemble de faits bien ou mal observés à cette confusion de théories qui constituaient le bagage philosophique de toutes les écoles.

Dans les théories médicales des siècles derniers, la fermentation jouait un rôle considérable, on avait rapproché et mis en parallèle, les phénomènes morbides de l'économie vivante, avec ceux qui accompagnent ordinairement la fermentation, et on la voyait partout comme cause de maladies; aussi la matière médicale d'alors était-elle très-riche en *anti-putrides*, *anti-septiques*, etc. Ces théories, du reste, reposaient sur des observations souvent justes, et la science actuelle n'a eu qu'à les débarrasser de leur exagération pour se les approprier.

Ainsi elle est forcée de considérer comme ayant la plus grande analogie avec la fermentation, un grand nombre de maladies contagieuses, telles que la variole, la syphilis, la scarlatine, le typhus, l'hydrophobie, etc., le mode d'action des venins, du vaccin ; l'action des matières putréfiées, telles que du sang, de la cervelle, du pus, introduites dans l'économie par une plaie, par une blessure, et encore les maladies épidémiques dites miasmatiques, la fièvre paludéenne, le choléra asiatique, etc., etc.

Et elle montre que les agents les plus efficaces pour empêcher le développement, la transmission des contagions et des miasmes, des virus, sont précisément ceux qui s'opposent le plus énergiquement au développement de la fermentation, comme les matières empyreumatiques, les huiles essentielles, certains sels métalliques, etc.

Fourcroy, dans ses *Éléments de chimie et d'histoire naturelle*, 1786, ainsi qu'à l'article Fermentation de l'*Encyclopédie méthodique*, ajoute aux trois fermentations admises jusqu'à lui les deux fermentations *saccharine* et *colorante*, et donne du ferment la définition suivante : On nomme depuis longtemps ferment une matière qui, mêlée avec une autre, a la propriété d'exciter une fermentation quelconque.

On voit où en est la question à ce moment : on ignore entièrement la nature de cette opération, on sait mal les conditions de sa production ; on sait plus mal encore la nature de ses produits : à cet instant arrive Lavoisier. Il applique à l'étude de cette question l'instrument dont son génie a doté les recherches chimiques, et la fermentation est connue ; à ce point que depuis lui on n'a pu

qu'en étudier plus complétement les circonstances accessoires.

Voici à quelle conclusion il arrive, au moyen d'expériences simples et précises comme il les savait faire; conclusion qui aujourd'hui nous semble presque banale, mais qui, lorsqu'elle se produisit, ne dut de paraître naturelle qu'à l'habitude qu'avait prise le monde savant de s'entendre révéler des merveilles par cet homme illustre. La voici : « Les effets de la fermentation vineuse se réduisent donc à séparer en deux portions le sucre qui est en oxyde, à oxygéner l'une aux dépens de l'autre pour en former de l'acide carbonique, et à désoxygéner l'autre en faveur de la première pour en former une substance combustible qui est l'alcool. En sorte que s'il était possible de recombiner ces deux substances, l'alcool et l'acide carbonique, on reformerait du sucre. »

Ailleurs il ajoute : « Je dirai que la fermentation peut servir de moyen d'analyse du sucre, et en général des substances végétales susceptibles de fermenter : en considérant ces matières mises à fermenter et le résultat comme une équation, et en supposant successivement chacun des éléments de cette équation inconnus j'en puis tirer une valeur, et rectifier ainsi l'expérience par le calcul et le calcul par l'expérience. J'ai souvent profité de ce moyen. » — Toute une méthode dans ce peu de mots!

On peut remarquer que jusqu'ici on ne s'est occupé que de la fermentation alcoolique; c'est qu'en effet, alors comme aujourd'hui, elle est le type de toutes les autres, et que celle-là étant expliquée, toutes les autres paraissent l'être ; on les considère comme des modes différents seulement par la nature des substances, des conditions, et par conséquent des produits.

Je me propose de démontrer que la fermentation alcoolique seule doit conserver ce nom, et que toutes les autres, accueillies jusqu'ici avec plus ou moins de réserve, ne présentent avec elle que des analogies souvent éloignées, et ne doivent pas être confondues sous cette dénomination sous peine de confusion très-fâcheuse.

M. Dumas, dont le nom possède à si juste titre une très-grande autorité, admet douze modes de fermentation, et il fait des réserves pour deux ou trois autres, pas encore suffisamment étudiés, telle que la digestion, etc., etc.

Voici les noms qu'il leur donne ;

Alcoolique,	Pectique,
Glugosique,	Benzoïlique,
Visqueuse,	Sinapique,
Lactique,	Ammoniacale,
Acétique,	Putride,
Gallique,	Enfin des graisses.

Elles peuvent en effet rentrer assez complétement dans la définition qu'il en donne, et que voici :

Nous entendons par la fermentation une réaction spontanée, une altération chimique excitée dans une masse de matière organique par la seule présence d'une autre substance, sans que celle-ci emprunte ou cède quelque chose au corps qu'elle décompose.

Cette substance, le ferment, se comporte donc en quelque sorte comme la pile galvanique ; elle sépare en les dédoublant des matières plus compliquées en matières plus simples.

Nous allons les étudier toutes successivement, et de

leur comparaison naîtra, je l'espère, la démonstration que je me suis proposée.

De la fermentation alcoolique.

La fermentation alcoolique, au point de vue de ses produits, a une importance économique extrême; personne n'ignore quel rôle immense ils jouent dans la vie des sociétés.

Tous les peuples de la terre consomment des liqueurs fermentées ; ceux qui font exception à cette loi présentent les mangeurs d'opium et de haschich, et fournissent la preuve que les hommes ne peuvent se soustraire au besoin d'excitation.

Il suit de l'universalité de l'usage de ses produits et de l'idée dans laquelle on était, qu'ils ne sont pas indispensables, que les gouvernements ont dû chercher en eux une source de revenus ; elle est aujourd'hui d'une telle importance, que cela constitue un des moyens de richesse de presque tous les gouvernements des États civilisés.

La production pour la France des divers produits fermentés d'après la moyenne des cinq dernières années, prises sur les relevés de l'administration, est d'environ 31 millions d'hectolitres, plus 600 mille hectolitres d'alcool. Il faut ajouter que l'administration ne peut parler que des quantités atteintes par les droits, et que la fraude parvient à soustraire au fisc, d'après ses évaluations, environ un quart ou un cinquième du produit général.

Dans ces chiffres, le vin est représenté par près de 21 millions d'hectolitres, les cidres et poirés pour 5 millions et demi environ, les bières 4,200,000 hectolitres.

Si l'on expose à une température de + 15 à + 30 le

suc d'un fruit sucré et au contact de l'air, au bout d'un temps variable, mais bien court, on observe les phénomènes suivants : la liqueur perd sa transparence, il se produit dans son sein un mouvement lent d'abord, puis plus intense. Les corps étrangers nageant dans le liquide voient s'attacher à eux des bulles de gaz, qui diminuant ainsi leur densité, les entraînent à la surface, là elles se dégagent. Ces corps regagnent alors le fond, pour remonter de nouveau tant que dure l'opération. Il s'établit ainsi un mouvement de va-et-vient très-curieux à observer, et qui se continue jusqu'à ce que la liqueur douce et sucrée soit transformée en un produit nouveau, ayant des propriétés très-différentes, et dont une idée très-nette nous est fournie par le vin.

Alors la liqueur a repris sa transparence, tout mouvement a cessé, et elle jouit de la singulière propriété de produire l'ivresse.

On a de tout temps appelé ce phénomène du nom de fermentation.

Si l'on recueille le gaz qui se dégage si abondamment et qu'on l'examine, on reconnaît qu'il est tout entier constitué par de l'acide carbonique.

En soumettant la liqueur fermentée à la distillation on en retire de l'*alcool*, corps auquel elle devait sa propriété enivrante.

Si l'on a le soin de produire la fermentation dans des vases à ouverture étroite, des barriques par exemple, on peut facilement recueillir à l'ouverture une écume d'un gris violacé sale, qui jouit de la propriété remarquable d'activer la marche de la fermention dans les liquides où elle s'établit, et même de la produire partout

où se trouve du sucre en dissolution, même dans de l'eau sucrée simple.

On doit ajouter qu'elle partage ce pouvoir avec beaucoup d'autres substances, telles que le gluten, le caséum, la fibrine, l'albumine à un certain degré de décomposition, mais qu'elle le possède à un degré infiniment plus élevé.

On a aussi, de tout temps, nommé cette matière, ferment, levûre ; le ferment le plus employé est celui produit dans la fabrication de la bière, et nommé à cause de cela levûre de bière. Il est le plus énergique de tous et extrêmement abondant.

Il y a deux sortes de levûre de bière : l'une, nommée levûre supérieure, est celle qui prend naissance dans les liquides qui fermentent sous une température de + 18° à + 25°.

La seconde, nommée levûre inférieure, se produit seulement à une température comprise entre + 4° et + 8°. On l'appelle aussi *levûre de dépôt*, *lie ;* elle se distingue de la précédente surtout par une intensité moindre et plus de lenteur dans son action. Elle est un produit exceptionnel des brasseries en Europe, mais elle est le moyen à l'aide duquel on prépare en Allemagne, particulièrement en Bavière, ces bières de Bavière, de si grande qualité, et qui jouissent de l'avantage de ne pas s'aigrir.

Ce procédé porte le nom de *fermentation avec dépôt.*

Toutes les fois que nous aurons à parler de la levûre, nous entendrons citer la levûre superficielle.

Dans les brasseries on en recueille une quantité six à sept fois plus considérable que celle employée pour activer la fermentation du moût de bière. On peut juger par là de l'énorme quantité de levûre qui se trouve à

notre disposition. Cet excédant n'est guère employé en France, et en très-petite proportion, que dans la boulangerie pour obtenir promptement des *levains*. On l'a utilisé en Allemagne comme nourriture des vaches laitières, cela paraît amener une sécrétion plus abondante du lait.

Si l'on veut juger de l'importance que pourrait avoir ce produit utilisé d'une manière quelconque, il suffit de se rappeler que pour la France, qui est un des pays de l'Europe qui consomme le moins de bières, les relevés de l'administration donnent un chiffre de 4 millions 200 mille hectolitres de bière comme moyenne de la quantité fabriquée anuellement dans ces dernières années.

Or on emploie dans la fabrication de la bière de 2 à 4 kilog. de levûre pour 10 hectolitres, et le rendement est de 14 à 30 kilog. Ainsi, la France a à sa disposition plus de 100 mille kilog. de ce produit chaque année.

L'Angleterre, l'Allemagne, la Belgique en consomment des quantités infiniment plus considérables; cela se conçoit, ces pays ne contiennent que peu ou pas de vignobles, et les classes riches seules peuvent approvisionner leur table de vin. Ainsi, Londres consomme annuellement plus de 300 millions de litres de bière pour sa population de 2 millions et demi, tandis que Paris, pour une population d'un million d'âmes, n'en consomme que 15 millions de litres.

Dans les brasseries de Wurtemberg seulement, la quantité de levûre produite est de plus de 30,000 quintaux : la valeur nutritive de cette levûre est très-grande. (Si on l'ajoute à la farine en quantité égale en ayant

égard à la proportion d'eau, elle donne un pain sans reproche : Liebig, 35e lettre.)

Nous prendrons la levûre de bière pour type des ferments, et tout ce que nous dirons d'elle sera vrai pour tous les autres ferments alcooliques, en se rappelant toutefois que tous les autres ne jouissent que d'un pouvoir fermentescible plus ou moins inférieur.

La levûre de bière fraîche se présente sous la forme d'une bouillie écumeuse grisâtre ; égouttée et un peu comprimée, elle constitue une pâte sans cohésion, se divisant, par le plus petit effort, en parties plus ou moins ténues jusqu'au point de pouvoir être mise en poudre grossière avec la main.

Elle exhale une odeur aigre, *sui generis*, très-caractéristique : sa saveur est amère ; elle présente une réaction acide.

La levûre desséchée à une température de + 100 ne perd aucune de ses propriétés ; mais bouillie dans l'eau, elle perd ses propriétés de ferment et les reprend au bout de quelques jours (Thénard).

De la levûre sèche, en poudre très-fine, mise en contact avec de l'acide carbonique solidifié, ayant par conséquent — 60° au moins, était aussi propre à produire la fermentation que d'autre levûre sèche en poudre (Cagniard-Latour, *Annales de Physique et de Chimie*, tome LXVIII).

De la levûre fraîche, gelée à une température de — 5°, n'était pas moins apte que toute autre.

Le pouvoir de la levûre comme agent de fermentation est extrême ; il suffit pour s'en convaincre de mettre dans un verre à expérience de la levûre, même en masses comprimées, et de verser dessus une solution de sucre

de raisin, au quart ou au cinquième, pour voir à l'instant les masses se désagréger, la levûre se diviser et le travail de décomposition se manifester par un boursouflement considérable qui cesse par l'épuisement du liquide sucré, et qui cesse par conséquent d'autant plus vite que la quantité dont on a arrosé la levûre est moins grande.

La levûre n'exerce d'action sur le sucre que par contact immédiat; l'expérience suivante le démontre: elle est des plus faciles.

Si dans un vase contenant une dissolution de sucre, on plonge un large tube ouvert aux deux bouts, mais à l'extrémité inférieure duquel on aura appliqué une feuille de papier perméable, et que ce tube contienne de la levûre, au fur et à mesure de l'introduction dans le tube du liquide sucré, on voit la fermentation s'établir et devenir plus active; mais la liqueur sucrée du vase ne participe pas à cette action, elle reste intacte indéfiniment.

Lorsqu'on broie de la levûre avec du sucre de canne en poudre, le mélange se liquéfie, et prend l'aspect et la consistance huileux. Le produit est, du reste, capable de produire la fermentation; cependant la levûre a perdu beaucoup de son énergie.

On peut conserver presque indéfiniment de la levûre dans du sucre, ou dans de la mélasse, sans qu'elle perde ses propriétés.

Lorsqu'on traite la levûre par l'eau, on obtient des eaux de lavage qui ne possèdent que peu ou pas d'action sur le sucre. Purifiée par les lavages, la levûre ne contient pas d'amidon et ne se colore pas par l'iode. Des lavages trop prolongés affaiblissent son pouvoir fermentescible (Quevenne).

Abandonnée humide à l'air, la levûre se putréfie lentement, répand comme tous les corps azotés une odeur infecte et dégage de l'ammoniaque. On doit ajouter qu'il faut incomparablement plus de temps pour que la putréfaction commence.

Que dans les autres substances azotées ainsi, de la levûre exposée et maintenue humide à une température de + 20 à + 25 et à l'air libre, n'était pas sensiblement altérée au bout de neuf jours, tandis que de la viande hachée, du sang, de la cervelle, placés dans les mêmes conditions, ainsi que du gluten, du caseum, étaient complétement altérés. Du reste, M. Dumas a vu qu'après cinq mois, de la levûre n'était pas tout entière putréfiée; elle contenait encore des globules pouvant produire la fermentation.

Traitée par l'alcool et l'éther, elle leur cède une matière grasse en petite proportion; mais alors elle perd sa propriété caractéristique de décomposer le sucre.

Chauffée dans un tube de verre, elle répand promptement une odeur de pain grillé. Si l'on continue à chauffer, il se dégage des vapeurs ammoniacales, des huiles empyreumatiques, et il reste un charbon dur contenant des sels.

La levûre privée de tous ses produits solubles par l'eau, l'alcool, l'éther, et abstraction faite des cendres, fournit à l'analyse : carbone, 50,6; hydrogène, 7,3; azote, 15,0; oxygène, 27,1; et des traces de phosphore et de soufre. Cette composition la rapproche de l'albumine. On a ainsi la raison des faits énoncés dans ce passage d'un mémoire de M. Collin, lu à l'Académie le 31 janvier 1825 :

« En résumé, bon nombre de matières animales

transforment le sucre en alcool, et d'autant moins difficilement qu'elles y ont été mieux préparées par une putréfaction convenable. De cette réaction résultent des dépôts qui agissent sur le sucre d'une manière plus marquée : celui obtenu de l'albumine par ce moyen se comporte comme la levûre ; cependant l'albumine n'agit sur le sucre qu'avec une extrême lenteur : les levûres sont donc formées dans l'acte de la fermentation.

L'électricité y joue un rôle ; elle rétablit l'activité dans une levûre devenue inerte ; tout développement d'électricité n'est pas propre à la production de ce phénomène.

Nous avons décrit et résumé, autant que possible, tous les caractères physiques et chimiques du ferment et réservé son étude microscopique ; elle nous paraît avoir une importance telle que nous croyons devoir la traiter séparément.

Les ferments alcooliques, ou plutôt le ferment, car il paraît certain que les ferments, divers par leur origine, doivent être considérés comme un corps unique, toujours identique, avec des nuances peut-être dans les degrés d'organisation comme il en existe quant aux degrés d'énergie. MM. Collin et Quevenne émettent cette opinion, le premier avec une grande réserve ; le second dit : « Il est certain que les ferments déposés pendant l'alcoolisation du sucre ont une similitude d'organisation qui les rapproche entre eux et les éloigne des matières qui leur ont donné naissance.

D'après l'état actuel de nos connaissances sur ce sujet, je les regarde comme étant identiques et formant un corps unique toujours le même » ayant pour caractère distinctif de décomposer le sucre en alcool et acide

carbonique partout où ils se trouvent dans des conditions convenables. Ce fait constitue à lui seul la fermentation alcoolique. Examinons les conditions dans lesquelles elle se produit le mieux.

Les conditions primordiales indispensables à toute fermentation alcoolique dans les liquides sucrés sont les suivantes :

1° La présence de l'air ;

2° Une température d'au moins + 0° : passé ce degré toute fermentation cesse ;

3° La présence du ferment ;

4° La présence de l'eau.

Des expériences très-délicates de M. Gay-Lussac, consignées dans un mémoire lu à l'Institut, le 3 décembre 1810, établissent d'une manière évidente que la fermentation ne peut commencer sans le secours de l'oxygène, mais qu'elle peut très-bien se continuer sans lui ; il a vu pourtant que l'action d'un courant galvanique pouvait remplacer celle de l'oxygène. Cependant de la levûre mêlée à de l'eau sucrée détermine très-bien la fermentation sans le secours de l'air; mais les fermentations naturelles ne sont pas possibles dans ces conditions ; il faut d'ailleurs remarquer que la levûre est un ferment qui a subi l'action de l'air. La nécessité de l'intervention de l'air pour commencer la fermentation est un fait hors de contestation.

Quant à la température, il est facile de démontrer qu'au-dessous de + 5 la fermentation est sensiblement nulle. L'expérience a démontré que la température qui lui est le plus favorable a son point entre + 20 et + 30 ; dans ce cas, en effet, sa marche est régulière et continue. On a cru longtemps qu'une température de + 45 à + 50

arrêtait la fermentation. M. Quevenne (1) a fait voir qu'elle se contenait même à + 100; seulement alors elle est désordonnée dans son activité, sa durée est très-limitée, et l'alcool ne semble plus être au nombre de ses produits.

La présence de l'eau : les quantités d'eau qui conviennent le mieux sont 4 ou 5 parties pour une de sucre; une quantité plus ou moins grande retarde la marche de la fermentation, ou l'empêche d'être complète.

La présence du ferment : de l'eau sucrée, dans les proportions les plus convenables au développement de la fermentation, peut se conserver indéfiniment sans éprouver la décomposition alcoolique. La quantité de ferment la plus convenable pour une bonne fermentation paraît être 1 de levûre supposée sèche pour 100 de sucre; quand cette quantité est inférieure, tout le sucre n'est pas décomposé, et le produit conserve une saveur sucrée. C'est ce qui arrive pour les vins du Midi, dits vins de liqueur; on a soin, du reste, d'augmenter encore leur quantité naturelle de sucre en évaporant une partie du moût : de là le nom de vins cuits sous lequel on les désigne aussi.

Quand au contraire la quantité de sucre est inférieure, comme cela arrive dans les années froides et pluvieuses, où le raisin n'arrive qu'à une incomplète maturité, la quantité d'alcool produite pendant la fermentation n'est pas suffisante pour que les vins aient de la qualité, et même pour leur conservation; il arrive alors fréquemment qu'ils *pointent*, c'est-à-dire qu'il deviennent acides. On a beaucoup de peine à les préserver de ce danger.

Chaptal a prouvé qu'il suffit pour n'avoir pas ce grave

---

(1) *Étude microscopique du ferment*, 1838.

inconvénient, d'ajouter au moût une quantité de sucre capable de suppléer à celle qui lui manque, et que l'expérience a appris à évaluer. On peut, dit-il, obtenir ainsi, à l'aide d'une faible dépense, des vins de qualité égale à ceux des meilleures années et d'une parfaite conservation. C'est une pratique qui mérite l'approbation de tous les hommes éclairés, mais qui rencontre une résistance considérable dans les prejugés et la paresse de presque tous les cultivateurs.

Une liqueur fermentée ne peut contenir plus de 18 à 25 centièmes de son volume d'alcool; une quantité supérieure s'oppose, en effet, d'une manière absolue à la fermentation. On peut se servir de ce moyen pour arrêter instantanément toute fermentation.

Une foule d'autres agents l'empêchent aussi. Même en petite quantité, l'essence de térébenthine, la créosote; les acides minéraux puissants, ainsi les acides sulfurique, azotique, chlohydrique phosphorique; mais celui de tous qui agit le plus énergiquement dans ce sens est l'acide sulfureux : c'est sur son action qu'est fondé le *mutage;* moyen à l'aide duquel on préserve de la fermentation des liquides qui en sont très-susceptibles. D'après ce que nous avons dit de la modification que subissent les propriétés du ferment par son ébullition dans l'eau, on comprend très-bien la valeur du procédé d'Appert pour la conservation des liquides capables de fermenter. On sait en effet que les ferments qui ont bouilli une dizaine de minutes dans l'eau ou le liquide qui les contient perdent leurs propriétés, et ne les reprennent qu'après avoir subi le contact de l'air.

D'autres corps, au contraire, paraissent activer la fermentation alcoolique.

La crème de tartre la mieux purifiée favorise les ferments paresseux en rendant l'alcoolisation plus complète et moins lente (Collin).

Les acides organiques, excepté l'acide oxalique qui l'arrête complétement, en quantité médiocre, semblent favoriser la marche de la végétation ; en quantité plus forte, ils l'arrêtent. On trouve toujours les liqueurs susceptibles de la fermentation alcoolique d'autant plus acides qu'elles sont plus près de l'instant où des signes extérieurs de fermentation vont apparaître (Robiquet). Du reste, la quantité d'acide acétique (vinaigre de Mollerat) qu'il faut ajouter pour empêcher la fermentation est très-considérable (Quevenne).

Si les alcalis caustiques qui arrêtent complétement la fermentation sont saturés par de l'acide acétique, la fermentation reprend sa marche.

Certains corps, comme l'acide arsénieux, la strychnine, sans l'arrêter, la rendent lente.

D'autres, enfin, sont indifférents, qui *à priori* semblaient ne pas devoir l'être. Ainsi le tannin sans être décomposé, car on le retrouve tout entier après l'opération, introduit dans un liquide en fermentation, n'en change pas les conditions (Quevenne). La morphine et les alcaloïdes de l'opium n'arrêtent en rien la marche de la fermentation ; on sait que dans la préparation du laudanum de Rousseau elle se fait très-bien. Il en est sans doute ainsi des autres alcaloïdes.

L'urée qu'on ajoute à un liquide en fermentation est détruite, et transformée selon toute probabilité en carbonate d'ammoniaque.

Tous les liquides contenant du sucre peuvent éprouver la fermentation alcoolique. On voit par là quelle immense

quantité de matières diverses peuvent fournir de l'alcool. Ainsi la canne à sucre, la betterave, la séve de l'érable, la citrouille, la tige de maïs, la châtaigne, le marron d'Inde, le navet, la carotte, le coco, l'ananas, et un très-grand nombre de fruits des tropiques qui contiennent du sucre de canne, peuvent en fournir.

La facilité avec laquelle on transforme la fécule en sucre au moyen de la germination (comme dans la fabrication de la bière) a doté l'industrie d'une source d'alcool inépuisable. Les céréales, presque tous les fruits d'Europe contenant du glucose (sucre de raisin), peuvent en fournir et en fournissent en effet; ainsi le raisin, la pomme, la poire, le coing, la cerise, la merise, l'abricot, la pêche, la groseille, le cassis, etc., etc.

Une multitude de végétaux dans toutes ou quelques-unes de leurs parties : les champignons contiennent du sucre fermentescible. Certains peuples du pôle arctique préparent une boisson enivrante avec des champignons vénéneux dits *mort aux mouches*.

Dans ces derniers temps on a fait en France de l'alcool avec des cosses de pois, et c'est très-logique; elles contiennent beaucoup de sucre et n'ont aucune valeur, puisqu'on les jette au fumier.

Le lait contenant du sucre peut fermenter et donner de l'alcool. Pallas a vu chez les Kalmoucks distiller le lait aigri des vaches et des juments.

L'urine des diabétiques éprouve la fermentation alcoolique.

Le foie de divers animaux et en particulier celui de l'homme contient du glucose qu'on peut rapidement transformer par la levûre (MM. Barreswil et Bernard). M. Bernard a vu qu'en piquant avec une aiguille le qua-

trième ventricule du cerveau d'un chien ou d'un lapin, le sang et l'urine de ces animaux se chargent au bout de quelques minutes d'une notable quantité de sucre — analogue sans doute à celui des diabétiques.

Enfin, la chimie a trouvé le moyen de convertir promptement et à très-bon marché un grand nombre de matières en sucre de raisin, ainsi les fécules, le ligneux, le papier, les chiffons; de telle sorte que les sociétés humaines comptent aujourd'hui, presque partout, le sucre et ses produits parmi les aliments à bon marché.

La fermentation est le seul moyen de produire de l'alcool connu jusqu'à ce jour; et le sucre est aussi jusqu'à ce jour le seul corps qui en puisse produire.

Aussi cette propriété sert-elle à le caractériser; on définit un sucre un corps capable, sous l'influence du ferment, de se dédoubler en alcool et acide carbonique.

Comme, ainsi qu'on l'a vu, des matières très-diverses fournissent du sucre, il n'est pas étonnant qu'il se présente dans certains cas avec quelques différences dans les caractères; aussi on en connaît cinq espèces : le sucre de canne ($C^{12}\ H^{11}\ O^{11}$), le sucre de raisin ($C^{12}\ H^{14}\ O^{14}$), sucre d'amidon, etc. (glucose), le sucre de lait ($C^{12}\ H^{24}\ O^{24}$), le sucre incristallisable ($C^{12}\ H^{12}\ O^{12}$); le sucre de champignon; retiré du seigle ergoté par Wigers, il se distingue des autres en ce que, porté à l'ébullition dans l'acétate de cuivre, il ne précipite pas de protoxyde de cuivre; formule, $C^{12}\ H^{13}\ O^{13}$. Tous ces sucres pour entrer en fermentation sont ramenés à une formule unique qui est, selon M. Soubeiran, $C^{12}\ H^{12}\ O^{12}$. En effet, si à une solution de sucre de canne en fermentation, on ajoute tout à coup de l'alcool en quantité suffisante pour coaguler le ferment et arrêter ainsi son action, on ne trouve

plus dans la liqueur qu'un sucre ayant cette formule. Donc le sucre de canne fixe 1 équivalent d'eau. Le sucre de raisin en perd 2 équivalents, de telle sorte qu'on a les deux équations suivantes :

$$\underset{\text{Sucre de canne.}}{C^{12}H^{11}O^{11}} + HO = \underset{\text{Sucre incristallisable ou sucre de raisin séché à 100.}}{C^{12}H^{12}O^{12}}$$

et

$$\underset{\text{Glucose.}}{C^{12}H^{14}O^{14}} = \underset{\text{Sucre incrist.}}{C^{12}H^{12}O^{12}} + \underset{\text{Eau.}}{2HO}$$

Il est maintenant extrêmement facile de saisir ce qui se passe dans l'acte de la fermentation. La molécule de sucre $C^{12}H^{12}O^{12}$ se dédouble de la manière suivante :

$$C^{12}H^{11}O^{11} + HO = \underset{\text{Sucre.}}{C^{12}H^{12}O^{12}} = \underset{\text{Acide carb.}}{4CO^2} + \underset{\text{Alcool.}}{2(C^4H^6O^2)^2}$$

En poids, 100 parties de sucre de canne fournissent

51,298 acide carbonique.
52,727 alcool.
105,025

Ce qui prouve d'une manière évidente la coopération d'un atome d'eau.

100 de glucose séché à 100° :

48,88 CO^2
51,12 $C^4H^6O^2$
100,00

On comprend d'après ces chiffres que l'énorme quantité d'acide carbonique dégagé là où s'effectue une fermentation alcoolique, puisse, dans certains cas être sui-

vie de dangers, et combien dans la fabrication du vin il peut être nécessaire de surveiller l'aération des celliers dans lesquels *bouillent* les cuves. On aurait là une source importante d'acide carbonique s'il n'était pas si facile de s'en procurer ailleurs.

Ajoutons que le carbone ne se trouve pas dans le sucre sous forme d'acide carbonique ; car lorsqu'on traite le sucre par du permanganate de potasse, on obtient tout son carbone à l'état d'acide oxalique, et il est impossible de convertir, en l'oxydant, de l'acide carbonique en acide oxalique.

L'hydrogène ne s'y trouve pas non plus sous forme d'alcool ; car en traitant le sucre par des acides, principalement par de l'acide chlorhydrique concentré, on en retire de l'eau et un charbon brun de la nature du pourri ; or on sait qu'aucune combinaison alcoolique n'éprouve une semblable décomposition.

On peut donc définir la fermentation alcoolique une opération dans laquelle, sous l'influence d'un corps azoté, de nature très-spéciale, la levûre : le sucre est décomposé en acide carbonique et en alcool.

La décomposition du sucre dans l'acte de la fermentation alcoolique a par rapport au ferment trois résultats différents qu'il importe de bien constater :

1° Le ferment paraît ne pas exister dans une liqueur, et ne se développe que par le contact de l'air. C'est le cas des sucs de fruits sucrés.

2° Le ferment peut naître dans une liqueur, exercer son pouvoir sur le sucre et se reproduire. C'est le cas que présente la fabrication de la bière, où le ferment produit est en quantité six à sept fois plus considérable que celui ajouté.

3° Le ferment peut, après avoir amené la décomposition du sucre, non-seulement ne pas se reproduire, mais perdre ses propriétés. C'est le cas d'un mélange d'eau sucrée et de levûre.

Ces faits sont d'observation récente ; ils ont une grande importance, non pas au point de vue des résultats chimiques de la fermentation, dont ils ne changeront certainement pas la rigoureuse véracité ; mais ils introduisent dans cette question des aperçus nouveaux, relatifs à l'organisation physiologique du ferment et au mode d'action de ce corps singulier.

Nous nous en occuperons bientôt spécialement.

Théorie de la fermentation alcoolique et de la fermentation en général.

Il est tellement difficile d'établir d'une manière complétement satisfaisante la théorie de la fermentation, que bien peu de chimistes ont osé aborder ce sujet. Ainsi M. Berzélius pense qu'on doit rattacher les phénomènes qui en dépendent à l'action de la force catalytique ; M. Dumas n'examine pas ce côté de la question ; M. Regnault ne croit pas que cette question soit assez étudiée pour qu'on puisse hasarder une théorie. Quant aux chimistes de l'époque antérieure si l'on veut savoir où ils en sont, il suffit de lire l'article de M. Robiquet (De la Fermentation, *Dictionn. technologique*, tome VIII) ; en voici les passages les plus remarquables. Ils résument à peu près les diverses opinions d'alors.

On est fort embarrassé d'assigner à la levûre ses véritables fonctions : M. Thénard, en parlant de l'affinité

bien constatée du ferment pour l'oxygène, admet la formation d'une première quantité d'acide carbonique aux dépens de l'oxygène du sucre et du carbone du ferment. Ce chimiste pense qu'une fois l'équilibre rompu entre les principes du sucre, le reste s'effectue de lui-même; mais si l'on prend en considération la très-petite proportion de substance formée par le ferment dont une partie seulement de carbone a pu contribuer à dissocier les éléments du sucre, on regarde comme extrêmement probable que la fermentation ne peut être déterminée par une cause aussi faible.....

Une autre difficulté est de trouver ce que devient l'azote; car il résulte des travaux de M. Thénard que cet élément contenu dans la levûre disparaît totalement..... Il est d'ailleurs démontré que l'azote est indispensable à la fermentation alcoolique; mais de quelle manière y intervient-il? On l'ignore.

M. Colin pense qu'un ferment n'a d'autre fonction que de développer une force initiale qui met l'électricité en jeu et que la fermentation se manifeste sous l'influence de cette électricité.....

Mais l'urée, substance azotée très-éphémère, n'exerce aucune action sur le sucre. Serait-ce parce qu'elle fournit beaucoup d'ammoniaque et que l'acescence serait une condition de la fermentation? Je ne sais, mais prévenir l'acescence des corps, c'est empêcher leur décomposition spontanée....

Ne dirait-on pas qu'il y a là quelques créations nécessaires et qui se trouvent empêchées ou détruites par l'influence de ces agents énergiques? De tout cela il faut conclure que la fermentation alcoolique est encore pour nous au nombre des mystères de la chimie.

M. Liebig, à qui la chimie organique doit tant, en a donné une théorie très-savante et très-philosophique que nous allons exposer.

S'appuyant sur une loi de mécanique formulée ainsi par Laplace et Berthollet.

Une molécule étant mise en mouvement par une force quelconque, peut communiquer ce mouvement à une autre molécule mise en contact avec elle : il pense que toutes les fermentations sont le produit d'une mise en action de faits prévus par cette loi.

Ainsi, dit-il, « nous savons que le ferment est un corps en décomposition, dont les molécules sont à l'état d'équilibre détruit, à l'état de mouvement. Si on l'agite dans un vase avec de l'eau et du sucre, les molécules transmettent leur état aux éléments du sucre. Ceux-ci se groupent alors de manière à former de nouveaux composés plus simples, l'alcool et l'acide carbonique, composés dans lesquels les parties constituantes sont retenues en combinaison avec une force bien plus grande que dans le sucre. Cette force, qui les maintient ainsi unies, s'oppose à toute transformation ultérieure de ces composés par l'effet du même mouvement. »

Ainsi, par exemple, quand on dissout du sucre de raisin et de l'urée dans l'eau, et qu'on ajoute de la levûre à la dissolution, on remarque que le sucre se décompose par la fermentation alcoolique, mais que cette décomposition s'étend aussi à l'urée qui n'est pas susceptible de la fermentation alcoolique.

Il dit aussi que lorsqu'un corps combustible est enflammé par un autre corps déjà en combustion, la cause en est dans ce que l'un communique son état à l'autre ; mais il ajoute que la température seule peut produire cet effet.

Et encore : Si l'on met le suroxyde de manganèse en contact avec un acide et du suroxyde hydrique, on voit que le suroxyde de manganèse et celui d'hydrogène perdent la moitié de leur oxygène : le mouvement intérieur de l'oxyde surmanganique se communique au suroxyde hydrique, qui perd par là également la moitié de son oxygène.

Mais, réplique M. Berzélius, la présence d'un acide serait ainsi plus nuisible qu'utile : la moindre parcelle de suroxyde manganique, jetée dans du suroxyde hydrique, donne naissance au dégagement d'oxygène qui devient de plus en plus violent ; la masse s'échauffe et le suroxyde se trouve ainsi au bout de quelques heures complétement décomposé ; le suroxyde manganique ne perd pas une trace d'oxygène et n'éprouve aucune altération.

« Nous savons de plus que si l'on met ce même sucre en présence d'autres matières, comme de la présure ou des principes de sucs végétaux en putréfaction, matières dont l'état de décomposition est différent de celui où se trouvent, par exemple, les molécules de la levûre, en d'autres termes, que si l'on communique aux éléments du sucre un mouvement différent, il se transforme et donne d'autres produits : nous n'obtenons plus alors de l'alcool et de l'acide carbonique, mais de l'acide lactique, de la mannite et de la gomme.

» Un autre point que nous avons clairement établi, c'est que la levûre mêlée à une solution de sucre pur disparaît peu à peu complétement, tandis que dans un suc végétal contenant en outre du gluten, ce dernier se décompose et se sépare sous la forme de levûre. Cette levûre elle-même était primitivement du gluten...

» La levûre est un produit de la décomposition du gluten qui, en présence de l'eau, entre à chaque instant dans une deuxième période de décomposition. C'est dans ce dernier état qu'elle acquiert la propriété de provoquer la fermentation dans une nouvelle quantité d'eau sucrée, et si cette eau renferme du gluten, comme c'est le cas pour le moût de bière, la décomposition des éléments du sucre a pour conséquence une nouvelle production de levûre.

« Voici une conclusion qui ressort de ces faits : un corps en décomposition, que nous nommerons l'excitateur, introduit dans un mélange liquide qui en contient les éléments, peut se reproduire de la même manière que le ferment dans un suc végétal contenant du gluten, et cette transformation s'opère plus sûrement si parmi les éléments du mélange se trouve l'élément d'où l'excitateur a pris naissance. De plus, il est évident que si l'excitateur ne peut transmettre son état de métamorphose qu'à un seul élément du mélange liquide, ce sera par suite de la décomposition préalable de ce corps unique qu'il se reproduira. »

Puis transportant ces idées dans le domaine de la physiologie, ils montrent qu'elles sont explicatives d'une foule de phénomènes connus, mais sur la théorie desquels il y a des opinions diverses : ainsi du sang, de la substance cérébrale, du pus, du fiel en putréfaction, introduits par des plaies dans le torrent de la circulation, amènent des accidents plus ou moins graves, souvent la mort. — État moléculaire de ces corps en mouvement qui se communique aux éléments du sang, liquide en perpétuel état de métamorphose, et qui y détermine de la même manière que les ferments au sein des liquides

fermentescibles, des modifications plus ou moins grandes; suivant que ces corps sont dans un état de décomposition, plus ou moins avancé, qu'ils sont présents en quantité plus ou moins grande, etc., etc.

Les accidents si graves qui suivent les piqûres du scalpel dans les amphithéâtres, prouvent d'après cela que certains états de décomposition, par lesquels passent les liquides des cadavres qui y sont déposés, peuvent se communiquer au sang des êtres vivants.

De même les accidents souvent suivis de mort qui résultent de l'ingestion de certains produits de charcuterie, tels que les boudins fumés, accidents fréquents en Allemagne surtout dans le Wurtemberg, reçoivent une explication résultant de l'admission de ces idées; état de mouvement d'un corps en décomposition se transmettant aux molécules d'un autre corps, dont la résistance n'est pas assez forte pour s'opposer à ce mouvement, pour le vaincre.

Il est remarquable, du reste, qu'après avoir cru à l'existence de poisons subtils, tels que l'acide prussique, dans les boudins fumés gâtés, sans jamais avoir pu les isoler; leur qualité vénéneuse leur est complétement enlevée par l'action de l'eau bouillante et de l'alcool, sans que ces liquides acquièrent cette qualité; or l'eau bouillante, l'alcool, ont pour effet sur la plupart des substances qui constituent ces boudins : du sang, du foie, de la cervelle, du lait, etc., de les coaguler; c'est-à-dire de changer leur état moléculaire.

Les virus qui se produisent dans quelques maladies : variole, peste, syphilis, sont exactement dans le même cas, avec cette différence, en plus, qu'en produisant leurs effets, ils se reproduisent; analogues ainsi en tout

à la levûre de bière, dans un milieu contenant les éléments propres à sa reproduction.

M. Liebig en est tellement frappé qu'il n'hésite pas à dire : « Cette action particulière a des rapports si frappants avec celle de la levûre sur des liquides contenant à la fois du sucre et du gluten, que depuis longtemps on avait établi entre elles une comparaison tout au moins figurée. » Et en vérité une observation plus approfondie de tous ces phénomènes a *démontré* que leurs effets sont dus à une même cause.

Il faut remarquer encore que les substances qui s'opposent le plus énergiquement au développement des phénomènes qui dépendent de cet ordre de faits, sont précisément celles qui jouissent de la propriété d'empêcher l'action des ferments de s'exercer dans la fermentation : ce sont l'alcool, les acides, les sels mercuriels, l'acide sulfureux, les huiles volatiles, empyreumatiques, la fumée, le chlore, le sel marin, la décoction de café, etc.

Partant de ces données, M. Liebig divise tous les phénomènes auxquels on peut assigner une cause plus ou moins semblable à celle qui détermine la fermentation, en trois grands groupes; dont le premier comprend les transformations d'une molécule complexe en plusieurs molécules plus simples, transformations s'effectuant avec ou sans le concours des éléments de l'eau, et dans les produits desquelles on retrouve exactement le rapport des parties constituantes de la molécule mère, ou un excès formé par les éléments de l'eau qui ont pris part à la métamorphose. Il borne à ce genre de transformation le nom de *fermentation*.

Le deuxième comprend les transformations de deux ou plusieurs molécules complexes qui se combinent réci-

proquement avec ou sans l'intervention de l'eau; dans cette dernière métamorphose, les produits contiennent donc la somme de toutes les parties constituantes qui ont pris part à la métamorphose.

Ce genre de transformation reçoit le nom de *putréfaction*.

Le troisième comprend une série de transformations lentes que les corps organisés éprouvent au contact de l'air; transformations qui sont caractérisées par une absorption plus ou moins considérable d'oxygène, avec ou sans dégagement d'acide carbonique. Il donne à ce troisième genre de transformation le nom d'*érémacausie*.

Dans ces trois cadres viennent se ranger très-méthodiquement un grand nombre de métamorphoses assez souvent confondues sous le nom générique de *fermentation*.

Et c'est un fait assez curieux de nous voir revenir à la classification adoptée à ce sujet par les anciens chimistes : la fermentation, la putréfaction et l'érémacausie, ou la fermentation acide, car l'érémacausie reçoit avec raison, dans son cadre, l'acétification de l'alcool.

Tous les phénomènes d'oxygénation lente lui appartiennent; ainsi la formation du terreau (ulmine), qui n'est que le résultat d'une combustion des éléments du ligneux, en relève.

L'érémacausie des substances azotées donne lieu à de l'acide azotique (nitrification).

Donc la condition absolue de l'érémacausie, c'est la présence de l'oxygène.

De même que dans les autres transformations, la présence de l'eau et d'une certaine chaleur sont nécessaires.

Parmi les causes chimiques de l'érémacausie, on doit

citer la présence de l'ammoniaque et en général des alcalis.

Ainsi à la température ordinaire l'alcool ne s'oxyde pas; mais de l'alcool tenant en dissolution de la potasse, se transforme rapidement, par l'absorption de l'oxygène, en acide acétique, acide formique, etc., et le produit est coloré par une matière résineuse.

Sa propagation a lieu ainsi que pour toutes les autres transformations, d'une manière générale, par le contact de matières se trouvant déjà en érémacausie. Ainsi le bois pourri transforme rapidement du bois sain en bois pourri. Le ligneux en érémacausie fait rapidement passer l'acide tannique de la noix de galle à l'état d'acide gallique.

Enfin toutes les matières propres à empêcher le développement de la fermentation sont également propres à prévenir celui de l'érémacausie. Ainsi les acides minéraux, les sels mercuriels, les substances aromatiques, les huiles empyreumatiques, etc., possèdent cette propriété.

Elle a été utilisée récemment, comme on sait, avec beaucoup de succès, pour préserver de la pourriture les bois destinés aux constructions, à la marine, et tout fait présumer qu'on pourra en varier et en étendre les applications à l'infini.

Nous venons d'exposer la question au point de vue purement chimique; parlons maintenant de faits d'un ordre nouveau, en faisant intervenir dans son étude le point de vue physiologique. Ces faits font de la fermentation alcoolique, à l'inverse de ce qu'en ont fait les études précédentes, une question dans laquelle le rôle de l'agent de modification serait seul important, tandis que celui

des produits de modifications serait très-accessoire.

En 1680, Leuwenhoeck dans un mémoire intitulé : *De fermento cerevisiæ de bullulis aereis ex eo propullulantibus, ut et ex oculis cancrorum; additur quæstio an animalcula in vasis obturatis, nutriri, ac vivere possint* (*Arcana naturæ detecta*, édit., nov. 1722, tom. II, pag. 1, fig. 1, 1, 1, et fig. 2, pag. 2), démontrait l'existence, dans le moût de bière, de globules vésiculeux, et l'organisation végétale de ces globules. Cette idée, à cette époque, eut à peine un succès de curiosité, et il s'est écoulé bien des années sans que les recherches microscopiques aient eu des succès d'un autre genre.

Vers 1825, M. Desmazières, dans les recherches microscopiques et physiologiques, sur le genre *mycoderma* (*Annales des sciences naturelles*, tom. X, p. 42) établit le même fait et nomme ce végétal *mycoderma cervisiæ*.

MM. Frédérick Kützing, de Berlin, et Schwann arrivaient dans le même temps à démontrer que toutes les levûres étaient des agglomérations fortuites composées de tous les petits végétaux développés dans le liquide pendant la durée de la fermentation.

Enfin, le 12 juin 1837, M. Cagniard-Latour présente à l'Académie des sciences un mémoire sur la fermentation vineuse, dont voici les conclusions :

1° La levûre de bière est un amas de petits corps globuleux susceptibles de se reproduire, conséquemment organisés, et non une substance inerte et purement chimique, comme on le supposait.

2° Ces corps paraissent appartenir au règne végétal et se régénérer de deux manières différentes.

3° Ils semblent n'agir sur une dissolution de sucre qu'autant qu'ils sont à l'état de vie ; d'où l'on peut con-

clure que c'est très-probablement par quelque effet de leur végétation qu'ils dégagent de l'acide carbonique de cette dissolution et la convertissent en liqueur spiritueuse.

En outre, ajoute M. Cagniard-Latour, je ferai remarquer que la levûre, considérée comme une matière organisée, mérite peut-être l'attention des physiologistes en ce sens :

1° Qu'elle peut naître et se développer dans certaines circonstances avec une grande promptitude, même au sein de l'acide carbonique, comme dans la cuve des brasseurs;

2° Que son mode de régénération présente des particularités d'un genre qui n'avait pas été observé, à l'égard d'autres productions microscopiques composées de globules isolés;

3° Qu'elle ne périt pas par un refroidissement considérable, non plus que par la privation d'eau.

Une commission composée de MM. Thénard, Becquerel et Turpin est chargée par l'Académie de lui faire un rapport sur ce travail.

Le 23 juillet 1838, le rapporteur, M. Turpin, présente à l'Académie un rapport dont voici les dernières conclusions.

La découverte de M. Cagniard-Latour méritait d'être examinée avec maturité et une attention toute particulière ; elle nécessitait beaucoup d'expériences et d'observations microscopiques longues, minutieuses et plusieurs fois répétées ; observations qui ne pouvaient être bien exprimées et bien comprises qu'à l'aide des nombreuses figures que nous avons l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie.

Nous nous sommes livré à cet examen avec d'autant

plus d'intérêt que, dès le début, nous avons reconnu la vérité des faits énoncés par l'auteur et la haute portée de leur application, soit à la physique, soit à la chimie, soit à la physiologie, soit, enfin, à l'industrie.

Nous pensons que, d'après l'importance des recherches dont s'est occupé, depuis plusieurs années, M. Cagniard-Latour, et des résultats positifs qu'il a obtenus, l'Académie doit encourager l'auteur à continuer ses travaux sur la fermentation, en accordant à ce premier mémoire l'honorable distinction d'être compris au nombre de ceux du Recueil des savants étrangers.

Les conclusions de ce rapport sont adoptées.

Comme complément de ce rapport, M. Turpin lit, le 20 août 1838, un mémoire pleinement confirmatif de celui de M. Cagniard-Latour, dans lequel il étudie successivement au microscope : 1° le périsperme de l'orge avant et après la germination de l'embryon ; 2° la trempe ; 3° la lupuline du houblon ; 4° le moût, composé de la trempe et du principe amer de la lupuline du houblon ; 5° la levûre fraîche avant sa mise en levain ou avant d'être versée dans le moût ; 6° la même levûre suivie dans toutes les phases de la végétation des globules séminulifères dont elle se compose pendant la durée de la fermentation dans la cuve ; 7° la bière terminée ; 8° la levûre nouvelle ou reproduite.

Il étudie ensuite ces prétendues matières mucilagineuses qui se forment peu à peu à la surface de la bière, du lait, de la trempe, et enfin de tous les liquides fermentescibles en contact avec l'oxygène, mucilages que les botanistes mycologues désignent sous le nom de *mycoderma* ou d'*hygrocrocis* (Agœrdh).

Puis, heure par heure, le développement des levûres

produites par le blanc d'œuf, par le jus de pommes, de raisins et autres fruits pulpeux.

Enfin, il termine cette série de recherches microscopiques par celle de la *mère* ou mycoderma du vinaigre (*mycoderma vini*).

Je crois utile de donner les conclusions de ce rapport; elles sont formulées avec une telle méthode que chacune d'elles constitue une proposition. Ce sera une exposition très-nette de la question. Les voici. Il établit :

1° Que toutes les levûres naissent ou tirent leur origine des tissus organiques d'où elles s'isolent après la vie d'association de ces tissus (1), sous forme de globulins souvent invisibles au microscope au moment de leur dissociation, comme ceux, par exemple, de l'albumine de l'œuf, du jus filtré de raisin, de pomme, de prune, de groseilles, etc., qui n'apparaissent que quelque temps après à la surface des liquides sucrés, sous la forme de

(1) Un végétal est une individualité composée qui jouit d'une vie d'association formée d'une prodigieuse quantité de vies individuelles, dont le centre existe dans chaque globulin du tissu cellulaire et dans chaque fibre, vers son extrémité croissante.

La pluralité d'individus le plus souvent microscopiques, et par conséquent la pluralité de vies particulières qui servent, par agglomération, à constituer l'individu composé, et la vie d'association chez les végétaux et les animaux, est un fait général dont la preuve se trouve partout. Ce fait est en rapport avec celui non contesté de la formation des masses inorganiques, dans lesquelles il y a toujours agrégation de corps plus petits. Dans la division organique des individus constitutifs, le physiologiste s'arrête au globulin le plus ténu que le microscope puisse faire apercevoir, et il faut que ce globulin soit doué des attributs fondamentaux de la vie organique, qui sont : l'absorption, l'assimilation, l'accroissement déterminé, et souvent la reproduction (on comprendrait mal l'organisation si l'on ne se plaçait à ce point de vue).

légères pellicules composées de la réunion d'un nombre prodigieux de globulins qui n'ont guère alors qu'un huit-centième de millimètre, et qui, en raison de cette extrême ténuité, jouissent d'un fourmillement bien prononcé;

2° Que ces globulins, doués chacun d'un centre vital particulier, sont autant de corps producteurs, autant de séminules de diverses espèces de mucédinées qui n'attendent que des milieux convenables à leur nature pour se développer, ce que leur offrent toujours l'eau, le sucre, une certaine température, et le contact plus ou moins grand de l'air et de l'oxygène ;

3° Que tous ceux que nous avons eu occasion d'observer n'ont commencé à germer qu'après avoir atteint l'état d'un globule vésiculaire du diamètre d'un centième de millimètre, époque à laquelle ils poussent leurs tigellules articulées, simples ou rameuses ;

4° Que les levûres produites soit par les globules vésiculaires primitifs dont nous venons de parler, soit par la désarticulation de ceux dont se composent les tigellules, paraissent assez semblables en ce que toujours elles sont des masses sèches ou molles, composées par simple agglomération de séminules reproductives sphériques, ovoïdes ou légèrement pyriformes; qu'elles ne diffèrent que par leur qualité ou leur propriété à faire fermenter plus ou moins activement le liquide sucré dans lequel elles se trouvent plongées; que ces masses de levûres, comme corps reproducteurs végétaux, sont comparables à un tas de blé, de millet, ou de toutes autres menues graines ;

5° Que toutes les levûres se ressemblent sous le rapport de leur organisation végétale et sous celui du rôle que ces petits végétaux jouent comme principaux acteurs

dans l'acte de la fermentation. Nous allons seulement nous occuper de la levûre de bière, parce que tout ce que nous en dirons s'appliquera plus ou moins à toutes les autres espèces ;

6° Que les études microscopiques que nous avons faites du périsperme de l'orge, nous ont amené à reconnaître que les très-petits globules de la fécule, et peut-être les nombreux globulins échappés des gros globules crevés, étaient la source ou l'origine de la levûre de bière et de toutes les végétations qui résultent successivement et par voie de génération des globules séminulifères de celle-ci, c'est-à-dire depuis la levûre primitive du moût jusqu'au *mycodermo cervisiæ* le plus achevé ;

7° Que les globulins provenus du périsperme de l'orge, ayant déjà végété et grossi pendant le travail de la décoction et de la trempe, se trouvent, dans ce liquide, assez développés pour pouvoir être considérés comme de la levûre nouvelle et primitive. En continuant de la même manière, ils sont bien plus nombreux dans le moût : en cet état ce sont de véritables séminules vésiculaires remplies de globulins très-vraisemblablement reproducteurs de l'espèce, séminules qui maintenant n'attendent plus que l'occasion de germer et de végéter en une mucédinée.

On peut demander ici comment les globules séminulifères de la levûre ont pu n'être pas détruits par l'ébullition du moût qui a duré plusieurs heures, et pendant lequel temps, au contraire, ils se sont multipliés. Le fait existant, ne nécessite point de réponse ; cependant nous dirons que les séminules des champignons que l'on fait bouillir n'en sont nullement altérées, et qu'étant ensuite versées avec l'eau sur le territoire qui leur convient, elles y germent parfaitement et abondamment ; toutes les sé-

minules doivent être dans ce cas; les globules vésiculaires du lait restent toujours intactes après avoir bouilli.

8° Que si l'on abandonne à lui-même ce moût de bière composé d'eau, d'une matière mucilagineuse, de sucre, de séminules globuleuses de levûre, de l'huile essentielle aromatique ou principe amer de la lupuline du houblon et des globules morts de cette dernière, ce moût fermente faiblement. Il y a indolence dans l'action; le sucre se décompose lentement; l'alcoolisation se fait incomplétement, et l'on a une mauvaise bière qui tourne très-promptement à l'acide, parce que le nombre des décompositeurs n'est pas assez considérable;

9° Que si, au nombre des séminules primitives de la levûre naturelle qui se trouve dans le moût, on en ajoute une certaine quantité d'autres obtenus de la récolte précédente, c'est-à-dire d'une des dernières cuvées, à l'aide de ces nombreux auxiliaires, le travail de la fermentation est prompt, énergique : sept ou huit heures suffisent. Le gaz acide carbonique se dégage des petits végétaux et s'élève abondamment sous forme de bulles et d'écume, et le sucre est bientôt converti en alcool. La bière, dans ce cas, peut être de bonne qualité;

Que cette addition de levûre, qui consiste en des milliards de séminules, est un véritable ensemencement dans un territoire particulier, qui est le moût;

10° Que les nouvelles séminules, versées dans la cuve à fermentation et réunies à celles qui s'y trouvaient déjà, germent et se développent en autant de petits végétaux moniliformes, composés de cinq ou six articles, avec une tendance à la ramescence; que la durée de l'existence de ces petits végétaux subordonne celle de la fermentation, de manière que la première qui précède est la cause

de la seconde, ce qui veut dire qu'au moment où la végétation cesse, le mouvement s'apaise, tombe et s'évanouit comme un feu de paille qui manque d'aliments;

11° Que l'existence, bien reconnue aujourd'hui, des innombrables *torula cervisiæ* dont la levûre offre les séminules agglomérées en pâte, explique très-simplement le revenu considérable de la levûre à chaque fermentation, la cause du mouvement et de la chaleur, la décomposition du sucre, la production de l'alcool et de l'acide carbonique, l'augmentation incessante de la levûre dans chaque cuvée ou à chaque récolte, par la multiplication des nombreux individus, celle de leurs articles globuleux dissociés ou désarticulés, mode d'augmentation ou de multiplication comparable à celui de tous les autres végétaux;

12° Que toute fermentation étant l'effet d'un acte vital dû au développement d'un nombre considérable d'individus organisés, le plus souvent végétaux, mais aussi quelquefois animaux, qui, dans le liquide, jouent le rôle de divisateurs, ne peut avoir lieu sans la présence d'une matière organique, c'est-à-dire sans la présence de globulins dissociés d'une masse de tissus ayant fait partie d'un végétal ou d'un animal, ou, ce qui revient au même, d'une portion de levûre, puisque celle-ci n'est composée que d'une agglomération de globules désagrégés de la tigelle articulée des *torula* après leur vie d'association, et de ceux provenus de périsperme de l'orge précédemment employé;

13° Que les petits végétaux levuriens soumis aux lois de l'organisation ont besoin, pour se nourrir et se développer, de la pâture que leur offre l'une des parties du sucre, sans laquelle substance ils meurent de faim et se

décomposent chaque fois que, plongés dans l'eau pure, ils sont privés de stimulant et de nourriture;

14° Que par fermentation on doit entendre association composée d'eau, de corps vivants, se nourrissant et se développant par absorption de l'une des parties du sucre en en isolant soit l'alcool, soit l'acide acétique, action toute physiologique qui commence et finit avec l'existence des infusoires végétaux ou animaux qui la déterminent, et dont la vie ne cesse que par l'épuisement total de la matière saccharine et nutritive. C'est alors que, mourant d'inanition et ne pouvant plus se soutenir dans l'épaisseur ou à la surface du liquide, on les voit se précipiter les uns sur les autres, et s'entasser au fond du vase sous forme de lie mucilagineuse de sédiment ou de levûre ;

15° Que toute fermentation alcoolique ou acéteuse n'a pu être produite jusqu'à ce jour que par la présence de globulins organiques vivants, capables de végéter dans le liquide sucré, et jamais par les matières inorganiques essayées, matières qui, étant ajoutées aux globulins vifs des levûres, peuvent *seulement* ou rester neutres, comme la gomme ou la poussière de marbre, ou agir comme stimulants pouvant servir à relever de leur indolence les globules de levûre, ou enfin à les détruire quelquefois complétement, comme le font les acides plus ou moins concentrés.

Depuis cette époque, et quoiqu'on eût accueilli ces observations avec une extrême réserve, pour ne pas dire plus, aucun travail n'est venu en infirmer la valeur.

Et on peut dire qu'aujourd'hui ces idées ont conquis l'honneur d'être classiques. Ainsi M. Regnault, dans ses *Éléments de chimie*, consacre à leur exposition la plus grande partie de la place qu'y occupe la levûre, et décrit

à ce sujet un procédé extrêmement simple, et à cause de cela très-précieux, qui permet d'étudier le développement du globule de levûre, sur le porte-objet du microscope, de la manière la plus complète et la plus nette, même pour l'observateur le moins familiarisé avec l'emploi de cet instrument.

Le voici. On délaye une très-petite quantité de levûre dans une infusion d'orge germée, et l'on place une goutte de cette liqueur entre deux plaques de verre minces dont on mastique les contours pour empêcher l'évaporation de l'eau.

Ces plaques sont posées sous le microscope, et l'on a soin d'amener sous le centre des fils croisés du micromètre un globule de levûre isolé dont on puisse suivre le développement. Après quelques heures, on voit apparaître sur un point de sa surface une hernie qui va croissant jusqu'à ce qu'elle ait atteint les dimensions du globule primitif. Ce second globule en engendre un troisième, et ainsi de suite; de telle sorte qu'il peut se former autour d'un seul globule une trentaine de globules de la grosseur du globule générateur. On peut présumer que le travail ne cesse que par l'épuisement des matières albuminoïdes propres à la formation des globules, à leur nutrition.

MM. Pelouze et Fremy, à l'exemple de M. Regnault, admettent l'organisation végétale de la levûre.

Enfin M. Bouchardat, dans un mémoire présenté à l'Académie le 17 juin 1844, confirme de la manière la plus absolue les faits observés et présentés par MM. Cagniard-Latour et Turpin; il établit, en effet, que l'objet de son travail est : 1° de faire connaître deux espèces de ferments alcooliques distincts de la levûre de bière;

2° de présenter une discussion approfondie sur la nature de ces êtres organisés, en s'appuyant sur des expériences et des observations nouvelles; 3° d'indiquer les applications à l'économie rurale qui se déduisent de ces recherches pour arriver aux conditions les plus favorables à la fermentation du vin et autres liqueurs fermentées.

M. Bouchardat nomme ces deux nouveaux ferments ferment de la lie et ferment noir. Son ferment de la lie est retiré d'une bière très-forte, son ferment noir d'un dépôt de vin blanc. Il se livre à un examen comparatif de ces ferments entre eux et avec celui de la bière, par lequel il prouve qu'ils diffèrent entre eux : 1° par la forme, la couleur, la dimension des globules ; 2° par la manière de décomposer le sucre ; 3° par le milieu dans lequel ils vivent.

M. Bouchardat termine par des considérations qui le font insister sur les avantages qui résulteraient souvent pour la fabrication des vins, au double point de vue de leur richesse en alcool et de leurs maladies, de l'emploi des fermentations lentes.

On ne peut s'empêcher de voir de grandes analogies entre ses ferments par rapport à la levûre de bière et la levûre inférieure, ou de *dépôt* ou *lie* qui s'obtient dans le procédé suivi en Bavière pour la fabrication de la bière par le procédé dit *fermentation avec dépôt*, et ces analogies sont plus frappantes encore si l'on veut bien, en se reportant aux applications, se rappeler que cette bière est un produit de la fermentation lente très-supérieur à ceux fournis par la fermentation rapide de la levûre supérieure, et que surtout cette bière est d'une facile conservation, même dans des tonneaux en vidange. Je pense qu'il

serait d'une grande importance industrielle que l'étude de la levûre inférieure fût faite en France au point de vue des applications de ce produit, dans l'ordre d'idées suivi par M. Bouchardat.

Si maintenant, armés des faits et des déductions si fortement exposés par les savants que nous venons de citer, nous examinons les divers points de cette question ou contradictoires, ou mal expliqués, ou inexpliqués dans la *Théorie chimique*, il devient presque facile de s'en rendre raison.

Ainsi, mise en contact avec une solution de sucre faite avec de l'eau distillée, la levûre, après avoir déterminé la décomposition du sucre, se précipite en ne présentant plus que les propriétés du ligneux, et est impropre à la produire désormais (Thénard, *Ann. de ch.* t. XLVI.

Quoi de plus simple, la levûre étant tout entière constituée par un petit végétal, ne trouvant pas dans l'eau sucrée les aliments nécessaires à sa reproduction ; car on sait qu'elle ne se nourrit d'aucun élément du sucre, et sans doute, de même qu'à tous les autres végétaux, et surtout à ceux contenant de l'azote, l'eau pure ne suffit pas à sa nutrition; elle meurt donc d'atrophie, d'épuisement, et le squelette de ses globules constitue le dépôt blanc n'ayant plus que les propriétés du ligneux qu'on retrouve après l'opération, réduit à la moitié du poids de la levûre employée.

Au contraire, mise dans un milieu contenant abondamment les aliments qui lui conviennent, comme le moût de bière, elle végète rapidement, se reproduit par voie de bourgeonnement, et donne une récolte du même produit sept à huit fois plus considérable en poids que la quantité employée pour la produire.

Tout à fait comparable ainsi au grain de blé que le semeur jette dans un milieu propice, et qui lui revient accompagné d'une nombreuse génération.

Il était évident, du reste, que la théorie de M. Liebig, bonne certainement pour la plupart des faits qu'elle embrasse, était insuffisante vis-à-vis des phénomènes de la fermentation alcoolique. Ainsi elle nous paraît fortement ébranlée par ce seul fait que la fermentation alcoolique ne s'établit qu'au contact *immédiat* de la levûre, ainsi que c'est démontré par l'expérience rapportée plus haut.

Comment admettre, en effet, que la décomposition du sucre ayant lieu par suite de la transmission de l'état du mouvement dans lequel se trouvent les molécules de la levûre, cette transmission ne s'effectue pas au travers d'une simple feuille de papier joseph, si facilement perméable d'ailleurs au liquide sucré?

Des faits chimiques et physiologiques que nous venons d'exposer, il nous paraît résulter que la fermentation alcoolique est, quant à présent, un phénomène qui offre deux côtés principaux également importants, quoiqu'à des points de vue différents, dont l'un, le côté chimique, celui qui ne se préoccupe dans l'opération que du sucre et des produits de sa transformation, est complétement éclairé; et dont l'autre, le côté physiologique, celui qui envisage la nature du ferment, son rôle, sa manière de fonctionner, son organisation, les conditions de son développement, a déjà éclairé quelques points de cette vaste question, née d'hier, et dont on peut prévoir déjà la future importance en se rappelant qu'elle est sans doute une des voies d'acheminement vers la démonstration de cette proposition émise par la mycro-

graphie, que beaucoup de phénomènes chimiques sont dus à des actions vitales appartenant au monde infini des êtres microscopiques.

Nous allons donc examiner si quelques-unes des transformations qui présentent avec elle des analogies peuvent cependant être rapportées à elle comme type, et n'en diffèrent que par la nature des produits.

Fermentation glucosique ou saccharine.

Si l'on met en contact une quantité même très-petite de *diastase* avec de l'amidon à la température de + 60 à + 70, l'amidon est promptement désorganisé et transformé en glucose. D'autres substances, le gluten, possédant cette propriété, mais à un degré plus faible, MM. Payen et Persoz ont prouvé qu'il suffisait d'une partie de diastase pour 2,000 d'amidon.

La diastase se produit dans l'acte de la germination de toutes les céréales; elle est soluble dans l'eau, et est facile à isoler; c'est elle qui, dans la fabrication de la bière, convertit l'amidon de l'orge en dextrine, puis en sucre, détruit par la fermentation.

M. Dumas voit dans cette action une fermentation.

Voyons ce qui se passe.

L'amidon a pour formule. $C^{12}H^{9}O^{9}HO$.
Le dextrine. . . . . . . $C^{12}H^{9}O^{9}HO$.
Le glucose. . . . . . . $C^{12}H^{9}O^{9}+3HO=C^{12}H^{12}O^{12}$
Sucre séché à 100.

La diastase a donc pour effet l'hydratation de l'amidon.

Mais d'après la définition de la fermentation par M. Dumas lui-même, « elle sépare, en les dédoublant,

des matières plus compliquées en matières plus simples.» Elle ne peut pas rentrer dans la définition. Mais, dira-t-on, la diastase est dans la condition des ferments. Il est vrai que sa propriété est très-remarquable; mais elle est partagée par tous les acides inorganiques étendus, et c'est au moyen de l'un d'eux qu'on opère, dans l'industrie, la transformation de la fécule en glucose, l'acide sulfurique.

Ainsi il n'y a pas là fermentation. Du reste, la plupart des chimistes voient ainsi.

Fermentation visqueuse.

On était frappé depuis longtemps des faits suivants : Dans certaines circonstances, les vins blancs deviennent filants, d'une consistance huileuse ou plutôt glaireuse; et on disait et on dit encore des vins dans ce cas qu'ils ont la *graisse*.

M. François a découvert que le tannin précipite le ferment qui produit la transformation visqueuse, et on réussit très-bien à préserver les vins blancs de ce grave inconvénient à l'aide d'une petite quantité de cette substance.

On voit par là pourquoi les vins rouges restant en contact avec leur raffle, qui leur cède du tannin, ne se *graissent* jamais.

Les potions, les juleps contenant du sucre et diverses matières organiques, éprouvent aussi assez souvent en été, au bout d'un temps très-variable, cette remarquable modification.

M. Desfosse a vu que pour provoquer ce genre de transformation dans les liquides sucrés; il suffit de les

mettre en contact avec le produit filtré d'une décoction de levûre de bière.

On a donné à cette modification le nom de fermentation visqueuse ; les liquides qui ont subi la transformation visqueuse peuvent retenir du sucre non altéré, et si, dans ce cas, on ajoute de la levûre normale à ces liquides, ils éprouvent la fermentation alcoolique : mais la matière qui donne à l'eau sa viscosité n'est pas détruite. On peut la séparer par le filtre et l'obtenir par la dessiccation en plaques demi-transparentes ; elle est d'une saveur fade, soluble dans l'eau, elle donne un mucilage très-analogue à celui de la graine de lin ; elle se distingue essentiellement de la gomme en ce que, traitée par l'acide nitrique, elle ne donne que de l'acide oxalique sans acide mucique.

Cette transformation est aussi très-souvent accompagnée de la production d'un autre produit, la mannite, substance blanche et cristallisable qui existe naturellement en très-grande abondance dans la manne, et qui se distingue essentiellement des sucres en ce qu'elle est incapable de la fermentation alcoolique.

M. Favre, qui a étudié spécialement cette transformation, a reconnu que toutes les céréales contiennent une substance soluble dans l'eau, incoagulable à la température de son ébullition, qui agit en déterminant la transformation visqueuse ; ainsi, l'eau de farine de froment et l'eau de riz transforment en deux jours, d'une manière constante, le sucre en produits de cette fermentation.

M. Péligot s'est assuré par le microscope que dans toute fermentation visqueuse, il y a production d'un ferment globuleux, très-analogue à la levûre, qui engendre

très-facilement cette fermentation dans tout liquide sucré avec les conditions de température.

La mannite a pour formule

$$C^6 H^5 O^4 2HO = C^6 H^7 O^6.$$

La matière mucilagineuse n'a pas été analysée.

Il est évident que cette transformation est mal connue et dans sa marche et dans ses produits, et qu'elle réclame de nouvelles et sérieuses études ; car nous ignorons même si la première condition de toute transformation pouvant entrer dans le cadre des fermentations est observée à savoir : que les éléments du corps déterminant la transformation n'y prennent pas part.

Fermentation lactique.

L'étude de cette transformation a été faite par par MM. Boutron et Fremy : ils ont déterminé très-nettement les circonstances favorables à sa production ; aussi fait-on aujourd'hui très-facilement de grandes quantités d'acide lactique par le procédé qu'ils ont donné.

Ils ont vu que la plupart des matières organiques azotées, la fibrine, l'albumine, la diastase, la caséine, etc., que l'on expose à l'air pendant quelque temps et qui ont éprouvé un commencement d'altération, deviennent propres à produire la fermentation lactique, par conséquent à transformer les matières neutres, sucre, amidon, gomme, ligneux, lactine, en acide lactique. Ce qui revient à dire que ces substances éprouvent là une modification *isomérique*, ordinairement accompagnée d'une fixation d'eau.

La diastase et le caséum, modifiés par le contact de l'air humide, sont les agents les plus énergiques et les plus remarquables de cette fermentation.

Ainsi la diastase fraîchement préparée, ou conservée très-sèche, transforme constamment l'amidon en dextrine, puis en sucre; mais gardée quelques jours à l'air humide, elle perd cette propriété et acquiert celle de convertir l'amidon, la dextrine, etc., en acide lactique.

Le caséum n'est pas moins remarquable dans la manière dont il se comporte : ainsi, le lait abandonné à lui-même s'aigrit et se coagule ; cette coagulation est due à la production d'une certaine quantité d'acide lactique, production déterminée par l'influence du caséum. Si dans cet état il est maintenu à une température de 25 à 30°, la fermentation alcoolique s'y établit, et il se produit de l'acide carbonique et de l'alcool. Le caséum agit donc comme ferment alcoolique.

Mais si au contraire on sature l'acide lactique formé par une base quelconque, le caséum se redissout, et son action sur le sucre de lait s'exerce de nouveau jusqu'à ce que la quantité d'acide lactique produite soit telle, qu'elle amène la coagulation. On peut alors, par des saturations successives, non-seulement convertir tout le sucre du lait en acide lactique, mais encore tout celui qu'on voudrait y ajouter. Pourtant, dans la pratique, cette faculté s'épuise.

Une propriété de cette nature existe dans les membranes animales : estomac, vessie, modifiées par l'action de l'air humide. Elles transforment rapidement aussi les matières neutres en acide lactique; seulement, il importe au préalable de les essayer; car on a constaté que, fraîches et bien lavées, elles n'ont aucune action ;

que, altérées par l'air humide à un certain degré, elles produisent la fermentation lactique, et qu'à un degré d'altération plus avancé, elles ne sont plus capables de la produire; mais qu'elles produisent dans ces mêmes corps d'autres transformations encore aujourd'hui peu connues.

Donc la fermentation lactique est, pour certaines substances neutres dont la composition peut être représentée par du charbon et de l'eau, une transformation qui a pour résultat une perte ou une fixation d'eau, ou même une simple modification isomérique.

Il est facile de comprendre la présence de l'acide lactique dans l'économie animale, dans l'organisation végétale; là, en effet, les matières capables de cette transformation sont en présence des matières azotées pouvant devenir des ferments lactiques.

MM. Gelis et Pelouze ont établi que la fermentation lactique précède souvent la fermentation butyreuse.

Le tannin précipite les ferments lactiques et s'oppose à cette transformation. La chaleur au degré d'ébullition des liquides en voie de fermentation lactique, en coagulant le ferment, arrête complétement son action.

Fermentation acétique ou acide.

De tout temps on a connu l'art de faire le vinaigre; c'est dans la transformation des liquides alcooliques en liquides plus ou moins riches en acide acétique, qu'est toute la fermentation acide ou acétique.

Tous les liquides contenant de l'alcool, quel que soit leur nom, sont propres à fournir du vinaigre.

A l'époque où on pouvait confondre des actions aussi

différentes que l'alcoolisation et l'acètification, on a dû ne voir dans cette dernière qu'une période plus avancée de la première ; aujourd'hui, nous sommes en mesure de prouver qu'elles n'ont rien de commun et qu'elles ont des causes très-différentes.

A la vérité, les ferments alcooliques peuvent servir à la transformation acétique des liquides alcoolisés qui les contiennent, mais ils n'interviennent que comme moyens, — égaux à une foule d'autres, — de rendre plus facile l'intervention de l'air. Ainsi, on produit très-vite de l'acide acétique en faisant arriver en présence de l'air de l'alcool sur de l'éponge, ou mieux du noir de platine, et encore, mais plus lentement, sur de la pierre ponce chauffée.

L'analyse démontre qu'il y a fixation d'oxygène ; on savait, du reste, que le concours continu de l'air est indispensable. C'est une véritable combustion.

Cette transformation constitue selon la division de M. Liebig, un phénomène d'*érémacausie.*

Voici ce qui se passe :

Un équivalent d'alcool $C^4H^6O^2$ absorbe quatre équivalents d'oxygène et devient de l'acide acétique, plus de de l'eau selon l'équation

$$C^4H^6O^2 + O^4 = C^4H^5O^4 + H^2O^2.$$

La fabrication des vinaigres exige les conditions suivantes :

1° Un liquide contenant de l'alcool ;

2° La présence de l'air ou de l'oxygène ;

3° Une température de + 30 à 40° ;

4° La présence de matières organiques qui paraissent

jouer le rôle de ferment et qui ont fait ranger cette transformation au nombre des fermentations.

L'acide acétique est le produit principal de l'acétification de l'alcool. Dans quelques circonstances, quand la combustion est très-lente et interrompue, il se produit un corps nouveau, l'*aldéhyde*, intermédiaire de l'alcool et de l'acide acétique, qui a pour formule $C^4H^4O^2$, et qui, en absorbant deux équivalents d'oxygène, devient l'acide acétique $C^4H^4O^4 = C^4H^3O^3HO$.

Ces divers vinaigres naturels ne sont que de l'acide acétique très-étendu d'eau, souillé par des corps étrangers, des matières colorantes, des sels, etc.

On découvre dans le vinaigre, au microscope, la présence d'animalcules doués de mouvements très-actifs, qu'on a nommés *vibrion aceti.* On a démontré que leur présence dans ce liquide était purement accidentelle, et qu'il suffisait, pour en préserver le vinaigre, de faire que l'air n'y pût pas déposer les germes de ces infusoires, par exemple en couvrant l'ouverture des vases ave cun tissu très-fin.

Fermentation gallique.

Le tannin, en dissolution dans l'eau, absorbe l'oxygène de l'air lentement, dégage de l'acide carbonique et se transforme en acide gallique.

Cette transformation est beaucoup plus prompte si l'on fait intervenir une matière azotée en décomposition, sang, viande, caséum, la noix de galle elle-même épuisée par l'éther.

On a donné à ce phénomène le nom de fermentation gallique.

Voici ce qui se passe. Le tannin a pour formule

$$C^{18}H^{5}O^{9}3HO = C^{18}H^{8}O^{12}.$$

Le tannin hydraté $C^{18}H^{8}O^{12}$ absorbe huit équivalents d'oxygène et dégage de l'acide carbonique ; à l'effusion de l'eau on a

$$C^{18}H^{8}O^{12} + O^{8} = \underset{\text{Acide gallique.}}{2(C^{7}H^{3}O^{5})} + 4CO^{2} + 2HO.$$

C'est donc une véritable combustion, phénomène d'érémacausie.

Fermentation pectique.

M. Fremy, qui a étudié les substances gélatineuses végétales avec beaucoup de soin, a isolé, en la précipitant par l'alcool du suc de carottes, une matière qu'il a nommé *pectase* et qui, introduite en petite quantité dans une solution de pectine, possède la propriété remarquable de transformer la pectine en un corps insoluble et formant gelée avec l'eau, l'acide *pectosique.* Il a reconnu que ce ferment se trouvait dans tous les tissus qui contiennent la pectase (corps générateur de la pectine sous l'influence des acides et de la chaleur), de même que les autres ferments se trouvent à côté des produits immédiats sur lesquels ils sont appelés à agir, diastase, synaptase, etc.

La pectase ne cristalline pas ; abandonnée dans l'eau deux ou trois jours, elle se décompose et perd sa qualité de ferment.

Une trop longue ébullition détruit son action sur la pectine. Elle existe sous deux états : soluble et insoluble.

Soluble, dans le suc de carottes, de betteraves ; inso-

luble, dans les fruits acides, pommes, etc. En effet, les sucs de carottes et de betteraves produisent très-bien la transformation pectique, et la pulpe seule des fruits acides en est capable.

La formule de la pectine est : $C^{64}\ H^{40}\ O^{56}$, 8HO,
de l'acide pectinique : $C^{32}\ H^{20}\ O^{28}$, 3HO.

C'est donc une modification isomérique avec élimination d'eau.

Cette transformation présente les plus grandes analogies avec la fermentation lactique. En effet, toutes les deux se passent du contact de l'air, elles ne dégagent pas de gaz, et les produits qu'elles donnent sont acides.

Fermentation benzoïlique, ou benzoïque, ou amygdalique.

Tout le monde connaît la saveur des amandes amères; cette saveur est due à la production simultanée d'huile essentielle d'amandes amères et d'acide cyanhydrique par la réaction au contact de l'eau de la salive, de deux corps qui s'y trouvent réunis, sans pouvoir agir l'un sur l'autre, qu'on est parvenu à isoler et qu'on nomme *synaptase* et *amygdaline*.

Si l'on prend une dissolution de 10 parties d'amygdaline dans 100 parties d'eau, une dissolution de 1 partie de synaptase dans 10 parties d'eau, et qu'on les mélange, il se fait subitement une décomposition particulière. Le mélange devient opalin sans perdre sa transparence. Il offre l'odeur d'amandes amères, et donne par la distillation de l'essence d'amandes amères et de l'acide cyanhydrique; le résidu contient de la *synaptase* coagulée, du

sucre qu'on peut détruire par la fermentation, et un acide fixe, l'acide formique.

On a donné à ce phénomène le nom de fermentation benzoïque.

MM. Robiquet et Boutron ont les premiers démontré que l'huile essentielle n'existe pas dans les amandes amères, qu'elle prend naissance lorsqu'on les met en contact avec l'eau, et que si l'on en retire une substance cristalline qu'ils nommèrent amygdaline, on ne peut plus produire d'huile volatile.

MM. Liebig et Wœhler fixèrent plus tard la théorie de la formation de l'huile d'amandes amères, en démontrant que ces amandes contiennent une espèce de ferment qu'ils nommèrent *émulsine.*

M. Robiquet est parvenu depuis à l'isoler, il l'a nommé synaptase. La synaptase a été considérée comme un ferment à cause des propriétés suivantes. Une petite quantité de synaptase transforme une assez grande quantité d'amygdaline; l'ébullition dans l'eau, l'action de l'alcool la coagulent, et la rendent impropre à agir sur l'amygdaline.

D'un autre côté, M. Liebig pense qu'elle prend une part directe par ses éléments à la transformation de l'amygdaline, parce que, dit-il, la quantité de sucre produite dans la réaction est plus grande que ne le permet la composition de l'amygdaline. La synaptase n'a pas été analysée. Voici la formule des modifications qu'elle engendre :

$$\underset{\text{Amygdaline.}}{C^{40}H^{27}AzO^{22}} = \underset{\text{Acide cyanhyd.}}{CyH} + \underset{\text{Essence d'amandes.}}{2C^{14}H^{6}O^{2}} +$$

$$\underset{\text{Sucre de raisin.}}{C^{6}H^{7}O^{7}} \quad \underset{\text{Acide formique.}}{2C^{2}HO^{3},HO} + 3HO.$$

La connaissance de ces faits a exercé une influence considérable sur la marche de la chimie organique.

Fermentation sinapisique.

On a donné le nom de fermentation sinapisique, à la réaction de deux corps l'un sur l'autre, présents dans la moutarde noire; réaction qui se manifeste par le développement d'une odeur que tout le monde connaît, toutes les fois qu'on met de la graine écrasée de moutarde noire en contact avec l'eau. Il se produit alors de l'huile essentielle de moutarde $C^8H^5AzS^2$, et les importants travaux de MM. Robiquet, Bussy, Boutron et Fremy sur cette question, ont prouvé que cette production est due à l'action d'un ferment que l'on a nommé myrosine, sur un sel que M. Bussy a obtenu cristallisé, le myronate de potasse.

La myrosine est incristallisable et se rapproche par toutes ses propriétés des matières albumineuses; elle se coagule sous l'influence de la chaleur à $+ 60°$, des acides, de l'alcool; elle a perdu alors sa propriété caractéristique de produire de l'huile de moutarde avec les myronates; mais elle peut la reprendre au bout d'un certain temps.

Ce sont ces différentes propriétés qui l'ont placée parmi les agents de fermentation. Mais comme aucune analyse n'a été donnée de la myrosine ni des myronates, on ignore la nature intime de cette réaction remarquable.

Fermentation ammoniacale.

M. Dumas appelle fermentation ammoniacale la conversion de l'urée en carbonate d'ammoniaque, sous l'influence de l'eau, d'un ferment et d'une température favorable.

M. Jaquemart a fait voir que la levûre de bière, les substances albumineuses, en particulier la substance que laisse déposer l'urine par le repos, l'urine corrompue, etc., et surtout le dépôt qui tapisse les vases dans lesquels déjà de l'urine a été décomposée, sont des ferments très-propres à produire cette transformation.

Voici ce qui se passe :

L'urée renferme en volumes	$C^4H^8Az^4O^2$,
Elle fixe.	$H^4 \quad O^2$.
Et cela donne.	$(C^4O^4 + Az^4H^{12})$.
	Carb. d'ammoniaque.

M. Dumas attribue à cette transformation un rôle considérable; c'est le moyen dont se sert la nature pour faire parvenir l'azote aux végétaux.

Fermentation putride.

On a de tout temps appelé ainsi la série des modifications successives qu'éprouvent les substances organiques lorsque, n'étant plus sous l'empire de la vie, elles sont placées dans des conditions propres à leur transformation en substances inorganiques, dernier terme auquel la mort ramène tout.

Les conditions indispensables à la fermentation putride ou putréfaction sont : une température moyenne ; au-dessous de zéro et au-dessus de 100, toute putréfaction cesse ; la présence de l'eau, celle de l'air ; privées d'air ou d'eau, mêlées de sels avides d'eau, ou de corps tels que le tannin, la créosote ; l'alcool, le sublimé pouvant coaguler l'albumine ; les matières organiques ne donnent aucun signe de putréfaction.

Le contact d'une matière en putréfaction détermine promptement la putréfaction dans ces matières organiques.

On observe dans les matières animales en putréfaction des myriades d'animalcules microscopiques ; on ne sait pas encore d'une manière absolue si leur présence doit être considérée comme cause ou comme produit nécessaire ou accidentel.

Fermentation des corps gras.

Tout le monde connaît l'aspect, l'odeur et la saveur des graisses rancies ; cette transformation d'un corps gras neutre en substance à réaction acide, se produisant facilement toutes les fois que les circonstances nécessaires aux fermentations se trouvent réunies, on lui a donné le nom de fermentation.

Elle a pour résultat la séparation des deux éléments acide et base, constituant les corps gras, accompagnée d'une fixation d'eau qui transforme la base, éther glycérique, en alcool glycérique ou glycérine, et qui hydrate l'acide. .

Donc, et la pratique le prouve, pour empêcher les

corps gras neutres de rancir, il faut les soustraire à l'influence des causes de fermentation.

Fermentation digestive.

Spallanzani a fait voir que le suc gastrique, dans l'état de santé, parfaitement neutre, peut dissoudre les substances alimentaires, sans le secours de la chaleur, dans des vases inertes aussi bien que dans l'estomac.

Héberlé à trouvé qu'un liquide contenant une très-petite quantité d'acide chlorhydrique auquel on ajoute une petite quantité de la muqueuse d'un estomac ou d'une vessie urinaire, possède à un haut degré la propriété de dissoudre les aliments.

M. Schwan allant plus loin, a pensé qu'il devait exister une matière analogue à la diastase, à laquelle le suc gastrique doit sa puissance digestive; il la nomme *pepsine*. En effet, M. Vogel fils l'a isolée un peu plus tard de l'estomac du porc. Il a vu que la puissance de la pepsine était très-grande eu égard à sa masse, et que son poids ne diminuait que très-médiocrement pendant l'exercice de son pouvoir dissolvant.

M. Deschamps étudiant la présure au même point de vue, a vu qu'elle contient une substance particulière, la *chymosine*, qu'il dit être propre à l'estomac de tous les animaux, être produite par la membrane muqueuse et être essentielle à la digestion.

MM. Sandras et Bouchardat ont reconnu que si l'on mêle 6 parties d'acide chlorhydrique du commerce avec 10,000 parties d'eau, on obtient un liquide qui jouit de la propriété de transformer en gelée volumineuse, translucide, la fibrine, le blanc d'œuf durci, la viande, le gluten, etc.

Enfin, MM. Dumas et Cahours ont fait voir que si on ajoute à ce liquide quelques gouttes de présure, on a un liquide dans lequel la fibrine se dissout en quelques heures au point de pouvoir traverser le filtre; il ne se forme plus de gelée.

On a été conduit par là à admettre dans le suc gastrique deux agents. L'acide qui gonfle et ramollit les matières, la *pepsine* ou la *chymosine* qui les rendent liquides.

C'est à l'ensemble de ces phénomènes qu'on donne le nom de *fermentation digestive.*

Fermentation butyrique.

MM. Gélis et Pelouze ont montré que les substances neutres amidon, dextrine, sucres et gomme, peuvent, sous l'influence des ferments, éprouver une nouvelle transformation et produire l'acide volatil qui existe dans le beurre rance, l'acide butyrique. Ils ont donné à cette transformation le nom de *fermentation butyrique*.

Cette action est toujours accompagnée d'un dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène.

Voici sa formule générale :

$$\underset{\text{Sucre.}}{C^{12}H^{12}O^{12}} = \underset{\text{Acide butyrique.}}{C^{8}H^{7}O^{3}HO} + 4CO^{2} + H^{4}.$$

Ces messieurs se sont servis de sucre et de caseum sous forme de fromage, ou de gluten. Ces ferments doivent, à l'état sec, représenter en poids 8 ou 10 pour 100 de la quantité de sucre employée.

Cette fermentation exige six semaines à trois mois

pour être terminée; elle passe par une série de transformations. Ainsi le sucre passe d'abord par l'état visqueux, puis il est transformé en acide lactique, et enfin en acide butyrique.

Cette série de transformations est très-propre à montrer combien on est peu édifié sur la plupart des transformations, qu'on a appelées fermentations. Ainsi voilà un corps, le sucre, qui peut produire, selon les conditions dans lesquelles on le place, de l'alcool, un corps visqueux, de l'acide lactique, de l'acide butyrique; et parce que ces transformations ont toutes des points communs, ce qui plus ou moins est propre à toutes les actions chimiques, on les englobe sous le même nom générique.

Sans doute on aperçoit vite les différences qui caractérisent ces différentes transformations, ne fût-ce que par leurs produits; mais il n'en reste pas moins ce double danger; en classant ainsi des données incomplètes, on s'expose à faire que les recherches qui les doivent compléter se fassent plus tard, parce qu'il arrive ordinairement qu'on ne tourne ses regards que vers ce dont il est parlé, et qu'on ne parle plus de ce qui est classé ou paraît l'être.

En second lieu, on s'expose aux difficultés que font naître les habitudes prises de juger sur une question d'une certaine manière, lorsqu'une étude ultérieure vient renverser les idées reçues; difficultés qui se sont quelquefois élevées en face du progrès, de manière à en retarder la marche.

Selon nous, la fermentation alcoolique seule doit conserver le nom de fermentation; ou elle doit le perdre, si on le conserve aux transformations plus ou moins analogues que nous venons d'examiner.

Bon à imprimer :

Le Directeur,
BUSSY.



PARIS. — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET Cᴱ,
Rue Racine, 26, près de l'Odéon.